

ROLLING ELEMENT FOR CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION

Patent Number: JP2001330101
Publication date: 2001-11-30
Inventor(s): KINO NOBUO; OTANI KEIZO
Applicant(s): NISSAN MOTOR CO LTD
Requested Patent: JP2001330101
Application Number: JP20000148074 200000519
Priority Number(s):
IPC Classification: F16H15/38; C22C38/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance rolling fatigue strength of a rolling element for a continuously variable transmission.
SOLUTION: In the transmission using the plural metal rolling elements contacting via lubricating oil, a metal structure of a rolling part surface layer of the each rolling element comprises mainly martensitic structure, an average crystal grain size of martensite crystal grains is 0.5 μm or less, a concentration of solid-solution carbon in martensite of the martensitic structure is within a range from 0.75 wt.% or more to 0.8 wt.% or less, a total carbon concentration in the rolling part surface layer of the each rolling element is 0.8 wt.% or more, pseudo-spherical carbides are dispersedly deposited, a deposited amount of the carbides is 2 area % or more, an average carbide grain size of the carbides is 0.3 μm or less, remaining austenite exists in the metal structure of the rolling part surface layer of the each rolling element, and an austenite remaining amount is 30 area % or less.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-330101

(P2001-330101A)

(43)公開日 平成13年11月30日(2001.11.30)

(51)Int.Cl.⁷

F 16 H 15/38

C 22 C 38/00

識別記号

301

F I

F 16 H 15/38

C 22 C 38/00

テ-マート(参考)

3 J 0 5 1

301Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 9 頁)

(21)出願番号

特願2000-148074(P2000-148074)

(22)出願日

平成12年5月19日(2000.5.19)

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 木野伸郎

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(72)発明者 尾谷敬造

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74)代理人 100102141

弁理士的場基憲

Fターム(参考) 3J051 AA03 BA03 BB02 BD02 BE09

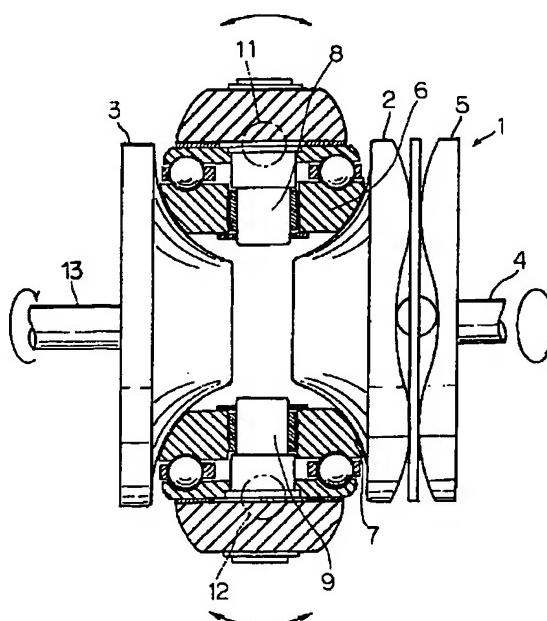
CB06 EC02 EC03 EC08 FA06

(54)【発明の名称】 無段変速機用転動体

(57)【要約】

【課題】 無段変速機用転動体の転動疲労強度を向上する。

【解決手段】 潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いて構成した無段変速機において、転動体の転動部表層の金属組織がマルテンサイト組織を主体とした組織であり、マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径が0.5 μm以下であり、マルテンサイト組織のマルテンサイト中の固溶炭素濃度が0.75 wt%以上0.8 wt%以下であり、転動体の転動部表層の全炭素濃度が0.8 wt%以上であり、かつ、擬球状炭化物が分散析出しており、擬球状炭化物の析出量が2面積%以上であり、擬球状炭化物の平均炭化物粒径が0.3 μm以下であり、転動体の転動部表層の金属組織中に残留オーステナイトが存在し、残留オーステナイト量が30面積%以上である無段変速機用転動体。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いて構成した無段変速機において、転動体の転動部表層の金属組織がマルテンサイト組織を主体とした組織であり、マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径が0.5 μm以下であることを特徴とする無段変速機用転動体。

【請求項 2】 マルテンサイト組織のマルテンサイト中の固溶炭素濃度が0.75 wt%以上0.8 wt%以下であることを特徴とする請求項1に記載の無段変速機用転動体。

【請求項 3】 転動体の転動部表層の全炭素濃度が0.8 wt%以上であり、かつ、擬球状炭化物が分散析出していることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の無段変速機用転動体。

【請求項 4】 擬球状炭化物の析出量が2面積%以上であることを特徴とする請求項3に記載の無段変速機用転動体。

【請求項 5】 擬球状炭化物の平均炭化物粒径が0.3 μm以下であることを特徴とする請求項3または請求項4に記載の無段変速機用転動体。

【請求項 6】 転動体の転動部表層の金属組織中に残留オーステナイトが存在し、残留オーステナイト量が30面積%以上であることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の無段変速機用転動体。

【請求項 7】 金属製転動体がトロイダル式無段変速機のパワーローラであることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の無段変速機用転動体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、トロイダル式無段変速機等の無段変速機の構成部品として使用される金属製転動体に関し、とくに金属製転動体の転動疲労強度向上に寄与する無段変速機用転動体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のトロイダル式無段変速機としては、例えば、図1に示すようなものがある。このトロイダル式無段変速機1は、図外のハウジング内に、入力ディスク2と出力ディスク3が同軸上に対向設置されている。この入力ディスク2および出力ディスク3を有するトロイダル変速部の軸心部分には、入力軸4が貫通しており、入力軸4の一端には、ローディングカム5が配設されている。そして、このローディングカム5が、カムローラを介して入力ディスク2に入力軸4の動力（回転力）を伝達する構造となっている。

【0003】入力ディスク2および出力ディスク3は、略同一形状を有して対称に配置され、それらの対向面が協働して軸方向断面でみて略半円形となるようにトロイダル面に形成されている。そして、入力ディスク2および出力ディスク3のトロイダル面で形成されるトロイダ

ルキャビティ内に、入力ディスク2および出力ディスク3に接して一対の運動伝達用のパワーローラ6および7が配設されている。

【0004】この場合、パワーローラ6および7は、枢軸8および9を介してトランニオン11および12に回転自在に枢着され、且つ入力ディスク2および出力ディスク3のトロイダル面の中心となるピボット軸を中心として、傾転自在に支持されている。そして、入力ディスク2および出力ディスク3、パワーローラ6および7との接触面には、粘性摩擦抵抗の大きい潤滑油（トラクション油）が供給され、入力ディスク2に入力される動力を潤滑油膜およびパワーローラ6、7を介して出力ディスク3に伝達する構造となっている。

【0005】なお、入力ディスク2および出力ディスク3は、ニードルを介して、入力軸4とは、独立した状態（入力軸4の動力に直接影響されない状態）となっている。そして、出力ディスク3には、入力軸4と平行に配設され、且つアンギュラ軸受を介してハウジングに回転自在に支持された出力軸13が配設されている。

【0006】このトロイダル式無段変速機1は、入力軸4の動力が、ローディングカム5に伝達される。この動力の伝達により、ローディングカム5が回転すると、この動力がカムローラを介して入力ディスク2に伝達され、入力ディスク2が回転する。この入力ディスク2の回転により発生した動力は、パワーローラ6および7を介して、出力ディスク3に伝達される。そして、出力ディスク3は、出力軸13と一体となって回転する。

【0007】変速時には、2つのトランニオン11、12をピボット軸方向に微小距離移動させる。即ち、このトランニオン11、12の軸方向移動で、パワーローラ6および7の回転軸と、入力ディスク2および出力ディスク3の軸との交差が外れる。このため、パワーローラ6および7が、入力ディスク2および出力ディスク3の曲面上を傾転し、その結果、速度比が変わり減速または增速が行われる。

【0008】このような無段変速機に使用される転動体としては、例えば、特開平7-71555号公報、特開平10-103440号公報等に開示された従来例が存在する。また、転動体として、浸炭用鋼に研削仕上げ加工した従来例（特開平7-71555号公報、特開平10-103440号公報等）がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】前記トロイダル式無段変速機（図1）はディスクおよびパワーローラがトラクション油の油膜を介して、トラクションドライブすることにより動力を伝達しており、これを駆動した場合に、ディスクとパワーローラとの間には高い押し付け荷重が加わるため、トラクション面やパワーローラベアリング溝部は、例えば、最大接触面圧が最大3GPa以上にまで達する高面圧下で転動することになる。

【0010】これまで、転動体として、浸炭または浸炭窒化焼入れを施し、研削仕上げ加工を行ったものとして、その有効硬化層深さを規定したもの（特開平7-1555号公報）や、転動部表層の全炭素濃度を規定したもの（特開平10-103440号公報等）があるが、変速機の小型化、あるいは大容量化のためには、更なる耐高面圧化、転動疲労強度の向上が必要である。

【0011】

【発明の目的】本発明は、このような従来の問題点を解決するためになされたものであって、トロイダル式無段変速機等の無段変速機用転動体の転動疲労強度をより一層向上することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る無段変速機用転動体は、請求項1に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いて構成した無段変速機において、転動体の転動部表層の金属組織がマルテンサイト組織を主体とした組織であり、マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径が0.5μm以下であるものとしたことを特徴としている。

【0013】そして、本発明に係る無段変速機用転動体においては、請求項2に記載しているように、マルテンサイト組織のマルテンサイト中の固溶炭素濃度が0.75wt%以上0.8wt%以下であるものとすることができる。

【0014】また、本発明に係る無段変速機用転動体においては、請求項3に記載しているように、転動体の転動部表層の全炭素濃度が0.8wt%以上であり、かつ、擬球状炭化物が分散析出しているものとすることができる。

【0015】そしてまた、本発明に係る無段変速機用転動体においては、請求項4に記載しているように、擬球状炭化物の析出量が2面積%以上であるものとすることができる。

【0016】また、本発明に係る無段変速機用転動体においては、請求項5に記載しているように、擬球状炭化物の平均炭化物粒径が0.3μm以下であるものとすることができる。

【0017】さらにまた、本発明に係る無段変速機用転動体においては、請求項6に記載しているように、転動体の転動部表層の金属組織中に残留オーステナイトが存在し、残留オーステナイト量が30面積%以上であるものとすることができる。

【0018】さらにまた、本発明に係る無段変速機用転動体においては、請求項7に記載しているように、金属製転動体がトロイダル式無段変速機のパワーローラであるものとすることができる。

【0019】

【発明の作用】本発明に係る無段変速機用転動体の構成およびそれらの限定理由について説明する。

【0020】先に説明したように、本発明において、転動体の転動部表層の金属組織がマルテンサイト組織を主体とした組織であり、マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径が0.5μm以下と規定したものである。

【0021】内部起点型の転動疲労剥離の場合、転動部直下の基地組織であるマルテンサイト組織が転動による発熱とせん断応力の繰り返しにより分解され、強度や韌性が低下し、そこから亀裂が発生しそして伝播していく。このとき、マルテンサイト結晶粒が小さいと、マルテンサイト結晶粒の分断・分解抵抗が増し、疲労を受ける基地組織が強靭化することにより、転動疲労強度が向上する。

【0022】また、前記マルテンサイト組織のマルテンサイト中の固溶炭素濃度は0.75wt%以上0.8wt%以下であることが望ましい。

【0023】マルテンサイト中の固溶炭素濃度が0.6wt%以上1.0wt%以下の範囲ではマルテンサイトはラスマルテンサイトとレンズ状マルテンサイトの混合組織となり、0.6wt%未満ではラスマルテンサイトのみ、1.0wt%超過ではレンズ状マルテンサイトのみとなる（参考文献：A. R. Marder and G. Krauss, Transactions of the ASM, Vol. 60, (1967), p. 651）。

【0024】このうち、ラスマルテンサイトは固溶炭素濃度が上昇するにつれ、その結晶粒が小さくなっている、その面積率も減少する傾向にある。一方レンズ状マルテンサイトは固溶炭素濃度が高い場合に形成し、その結晶粒はラスマルテンサイトに比べて大きく、その面積率は固溶炭素濃度が上昇するにつれ増加する傾向にある

（参考文献：T. Maki, K. Tsuzaki and I. Tamura, Journal of Japan society for Iron & Steel, Vol. 65, No. 5, (1969), p. 515 (in Japanese)）。また、レンズ状マルテンサイトはラスマルテンサイトに比べて、硬いが脆い性質を持ち、ラスマルテンサイトは硬さはやや低いがねばい性質を持つ。以上をまとめて、図2に示す。

【0025】図2に示すように、マルテンサイト中の固溶炭素濃度は0.75wt%以上0.8wt%以下であると、ラスマルテンサイトとレンズ状マルテンサイトが最適な比率で混合した組織となり、強靭な組織を形成する。また、マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径もこの範囲で最小となり、結晶粒の観点からも高い韌性が得られる。したがって、この範囲を外れると、平均結晶粒径が大きくなってしまい、韌性が損なわれるので好ましくない。

【0026】また、前記転動体の転動部表層の全炭素濃度が0.8wt%以上であり、かつ、擬球状炭化物が分散析出しているものとすることが好ましい。前述したよ

うに、転動体は高温下で転動するため、高温軟化抵抗性が必要である。この高温軟化抵抗性は全炭素濃度の増加と共に向上する。そして、0.8 wt %を下回ると、十分な高温軟化抵抗性が確保しにくくなるので、0.8 wt %以上とするのが良い。また、熱に対して安定な擬球状の炭化物を微細分散させることにより、高温軟化抵抗性向上および常温における硬さを向上することができる。

【0027】さらにまた、前記擬球状炭化物の析出量は2面積%以上あることが好ましく、2%面積以上であると、前述の効果が更に高くなる。

【0028】また、前記擬球状炭化物の平均炭化物粒径が0.3 μm以下であることが好ましく、0.3 μmを上回ると、その中に巨大な炭化物が含まれる可能性が高く、その巨大炭化物が応力集中源として作用し、剥離に至る確率が高くなるので好ましくない。

【0029】そしてまた、前記転動体の転動部表層の金属組織中には残留オーステナイトが存在し、残留オーステナイト量が30面積%以上であることが好ましい。この残留オーステナイトは、表面の異物吸込み等により形成された圧痕周辺への応力集中を緩和する効果、亀裂先端においてクッションの役目を果たし、亀裂伝播抵抗を高める効果がある。そして、残留オーステナイト量が

30面積%以上あると、これらの効果が更に高くなる。

【0030】次に、本発明で特定されているマルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径、マルテンサイト中の固溶炭素濃度、炭化物の析出量（面積率）および平均粒径の測定方法について、以下に説明する。

【0031】（マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径）マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径は、表層組織のTEM観察を行い、TEM写真を以下の手法で画像解析することにより求める（図3）。

【0032】TEM写真は、倍率20000倍で撮影し、1試料につき、場所を変えて6視野撮影する。

【0033】次に、TEM写真上に透明なシートを載せ、マルテンサイト粒に沿って線を描き、そのシートを用いて画像処理を行う。各結晶粒について、その等価円直径を算出し、6枚の写真から統計処理により、マルテンサイト結晶粒の平均等価円直径を求める。このようにして求めた平均等価円直径をマルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径と定義する。

【0034】（マルテンサイト中の固溶炭素濃度）マルテンサイト中の固溶炭素濃度（C_M）は下記式を用いて求める。

【0035】

【数式1】

$$C_M = \frac{(C_{total} - C_c \times f_c)}{(1 - f_c)} \quad (1)$$

C_{total} : 全炭素濃度

C_c : 炭化物中の炭素濃度

C_M : マルテンサイト中の炭素濃度

f_c : 炭化物の面積率

【0036】式(1)の中で、全炭素濃度（C_{total}）は蛍光発光分析により測定した値を用いる。また、炭化物中およびマルテンサイト中の炭素濃度（C_c, C_M）はTEM-EDXを用いて測定した値を用いる。さらに、炭化物の面積率（f_c）は以下の方法で求めた値を用いる。

【0037】（炭化物の面積率および平均粒径）炭化物の面積率および平均粒径は表層組織のSEM観察を行い、SEM写真を以下の手法で画像解析することにより求める。

【0038】SEM写真は、倍率10000倍で撮影し、1試料につき、場所を変えて5視野以上撮影する。写真は炭化物が白色、基地が黒色となるようにコントラストを強調する。次いで、それらの写真を用いて、画像処理を行い、統計処理により、炭化物の平均等価円直径および面積率を算出する。このようにして求めた値を炭化物の平均粒径および面積率と定義する。

【0039】

【発明の効果】本発明による無段変速機用転動体では、請求項1に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いて構成した無段変速機において、転動体の転動部表層の金属組織がマルテンサイト組織を主体とした組織であり、マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径が0.5 μm以下であるものとしたから、トロイダル式無段変速機等の無段変速機用転動体の転動疲労強度をより一層向上することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0040】そして、請求項2に記載のように、マルテンサイト組織のマルテンサイト中の固溶炭素濃度が0.75 wt %以上0.8 wt %以下であるものとすることによって、ラスマルテンサイトとレンズ状マルテンサイトとが最適な比率で混合した組織となり、強靭な組織を形成して無段変速機用転動体の転動疲労強度をより一層向上したものにできるという著しく優れた効果がもたら

される。

【0041】また、請求項3に記載のように、転動体の転動部表層の全炭素濃度が0.8wt%以上であり、かつ、擬球状炭化物が分散析出しているものとすることによって、転動体が高温下で摺動する場合であっても十分な高温軟化抵抗を有するものとなすことができるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0042】さらにまた、請求項4に記載しているように、擬球状炭化物の析出量が2面積%以上であるものとすることによって、熱に対して安定な擬球状の炭化物を微細分散させることができるとあって高温軟化抵抗性および常温における硬さをより一層向上することができるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0043】さらにまた、請求項5に記載しているように、擬球状炭化物の平均炭化物粒径が0.3μm以下であるものとすることによって、巨大な炭化物が含まれる可能性が小さくなり、その巨大な炭化物が応力集中源として作用することによる剥離の発生を防止することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0044】さらにまた、請求項6に記載しているように、転動体の転動部表層の金属組織中に残留オーステナイトが存在し、残留オーステナイト量が30面積%以上であるものとすることによって、この残留オーステナイトが亀裂先端においてクッショングの役目を果たし、亀裂伝播抵抗を高めることにより亀裂の進展を防止することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0045】さらにまた、請求項7に記載しているように、金属製転動体がトロイダル式無段変速機のパワーローラであるものとすることによって、トロイダル式無段変速機用転動体であるパワーローラの転動疲労寿命をより一層向上したものにすることができるという著し

く優れた効果がもたらされる。

【0046】

【実施例】以下に、本発明の転動体に関し、いくつかの実施例を挙げて、その有用性を比較例と対比して示すが、本発明は以下に示す実施例のみに限定されないことはいうまでもない。

【0047】なお、本発明に係る各測定値は前述の方法で測定した値を用いた。

【0048】まず、本実施例に係る試験片の転動疲労強度評価方法について説明する。

【0049】本発明品の転動疲労強度の評価は、図4に示すスラスト型転動疲労試験機21を用いて行った。試験は油温100°Cのトラクション油浴22中で、最大接触圧5.2GPa、回転数2000rpmで試験片23に対し鋼球24を介し加压しながら行った。また、転動疲労寿命は、振動センサーにて検知し、試験片が剥離するまでの繰り返し数を寿命とした。

【0050】次に、本実施例に係る試験片の製造方法について説明する。

【0051】以下に示す実施例および比較例のいずれの試験片も、表1に示す組成の素材を粗加工後、図5および表2に示す熱処理条件にて浸炭窒化焼入れ焼もどしを行った。熱処理後の試験片は取り代0.2~0.5mmの範囲で研削加工後、超仕上げを施し、表面粗さがRa0.03となるようにした。

【0052】なお、本実施例では浸炭窒化焼入れについて記載しているが、浸炭焼入れ焼もどし、軸受鋼等の焼入れ焼もどしても構わない。

【0053】

【表1】

化学成分組成(質量%)							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Fe
0.20	0.33	0.86	0.02	0.01	1.10	0.16	Baℓ

【0054】

【表2】

区分	熱処理 パターン (*)	2次焼入れ条件			研削 取り代 (mm)
		オーステナイト化温度 (°C)	保持時間 (h r)	カーボン ポテンシャル (w t %)	
実例1	B	840	2	0.8	0.3
実例2	B	840	0.5	0.8	0.2
実例3	B	840	0.5	0.8	0.3
比較4	A	840	1	0.8	0.2
比較5	A	840	1	0.8	0.3
実例6	A	2次焼入れ前	—	0.2	
実例7	A	2次焼入れ前	—	0.5	
比較8	A	840	0.5	0.8	0.2
比較9	A	840	2	0.8	0.2
実例10	A	860	1	0.8	0.2
実例11	A	840	1	1.0	0.2
実例12	B	840	1	0.8	0.2

【0055】このようにして作成された各試料の熱処理品質を分析した結果の一覧および転動疲労寿命評価結果の一覧を表3に示す。

【表3】

区分	試験片表面の熱処理品質							試験結果 L50寿命 (cycle)
	全炭素濃度 (w t %)	全窒素濃度 (w t %)	炭化物 面積率 (%)	炭化物 平均粒径 (μm)	残留 オーステナイト量 (%)	マルテンサイト中 の固溶炭素濃度 (w t %)	マルテンサイト 結晶粒の平均 結晶粒径 (μm)	
実例1	1.17	0.17	5.69	0.31	29.9	0.84	0.48	8.84E+07
実例2	1.02	0.17	4.23	0.29	32.6	0.77	0.43	1.30E+08
実例3	0.96	0.12	3.34	0.25	30.8	0.76	0.40	1.23E+08
実例4	0.92	0.14	2.32	0.20	34.2	0.78	0.38	2.17E+08
実例5	0.85	0.10	1.73	0.20	29.3	0.75	0.41	1.64E+08
実例6	0.95	0.12	0.03	0.10	41.5	0.95	0.61	8.88E+06
実例7	0.71	0.04	0	—	17	0.71	0.57	7.18E+06
比較8	0.88	0.14	2.31	0.19	31.3	0.74	0.53	2.78E+07
比較9	0.94	0.10	1.65	0.19	28.5	0.84	0.52	4.70E+07
比較10	0.95	0.15	1.39	0.19	38.5	0.87	0.53	6.20E+07
比較11	0.6	0.21	1.15	0.24	27.7	0.99	0.56	3.70E+07
比較12	1.02	0.13	3.62	0.27	29.9	0.81	0.51	7.14E+07

【0057】転動疲労寿命試験の結果、本実施例1～5は、比較例1～7に対して、大幅に転動疲労寿命が向上していることが確認された。

【図面の簡単な説明】

【図1】トロイダル式無段変速機の構造例を示す断面説明図である。

【図2】炭素含有量とマルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径、マルテンサイト面積率およびMs点（マルテンサイト変態開始温度）との関係を示すグラフである。

【図3】マルテンサイト結晶粒の平均結晶粒径を測定する要領を示す説明図である。

【図4】スラスト型転動疲労試験機の概要を示す説明図

である。

【図5】本発明の実施例および比較例で用いた熱処理パターンA、Bの説明図である。

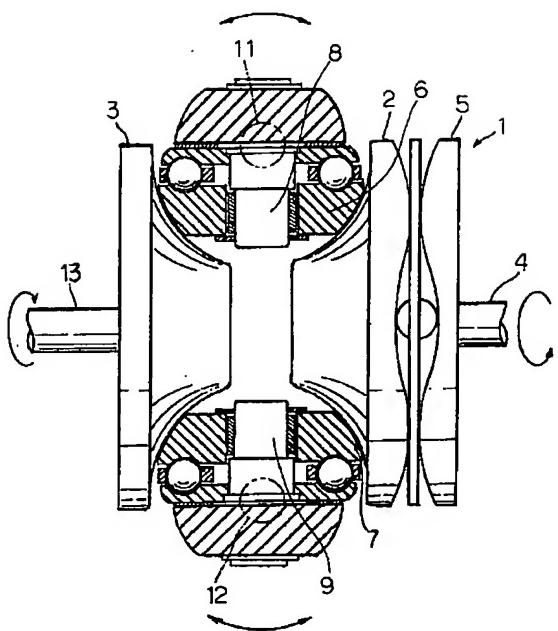
【符号の説明】

- 1 トロイダル式無段変速機
- 2 入力ディスク（金属製転動体）
- 3 出力ディスク（金属製転動体）
- 4 入力軸
- 6 パワーローラ（金属製転動体）
- 7 パワーローラ（金属製転動体）
- 13 出力軸
- 21 スラスト型転動疲労試験機

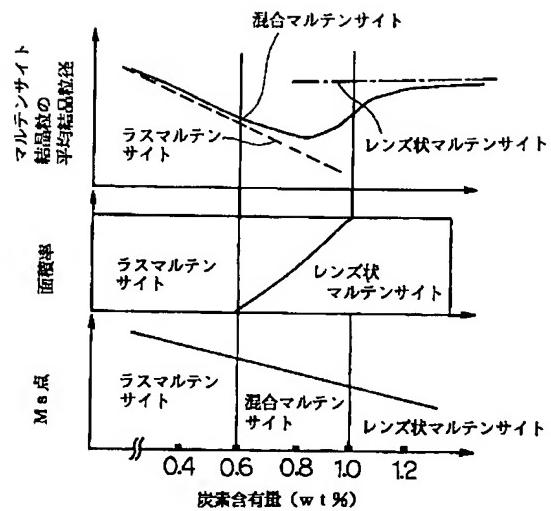
22 トラクション油浴

23 試験片

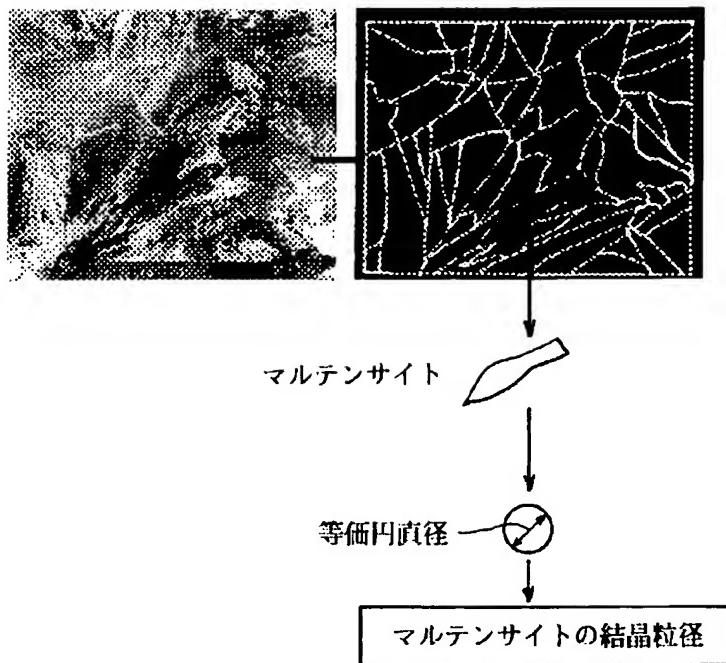
【図1】



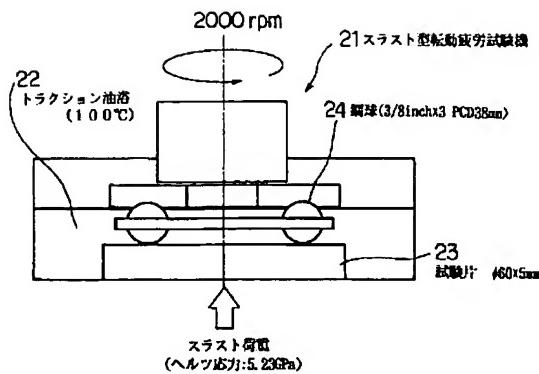
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

